© Korchenko O., Gnatyuk S., Akhmetov B. Method for fullness assessment of requirements fulfillment for civil aviation cybersecurity // Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2017, vol. 23, issue 2, p. 92-99.

DOI: 10.18372/2225-5036.23.11825

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ПОВНОТИ ВИКОНАННЯ ВИМОГ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Олександр Корченко[1], Сергій Гнатюк[1], Берік Ахметов[2]

[1]Національний авіаційний університет, Україна
[2]Міжнародний казахсько-турецький університет ім. Ясаві, Республіка Казахстан

КОРЧЕНКО Олександр Григорович, д.т.н.

Рік і місце народження: 1961 рік, м. Київ, Україна**.**
Освіта: Київський інститут інженерів цивільної авіації (з 2000 року Національний авіаційний університет), 1983 рік.
Посада: завідувач кафедри безпеки інформаційних технологій з 2004 року, візит-професор Університету в Бельсько- Бялій (Гуманітарно-технічна академія в Бельсько- Бялій, м. Бельсько-Бяла, Польща), провідний науковий співробітник Національної академії СБ України.
Наукові інтереси: інформаційна та авіаційна безпека.
Публікації: більше 300 наукових публікацій, серед яких монографії, словники , навчальні посібники, підручники, наукові статті, патенти та авторські свідоцтва на винаходи.
E-mail: agkorchenko@gmail.com

ГНАТЮК Сергій Олександрович, к.т.н.

Рік та місце народження: 1985 рік, м. Нетішин, Хмельницька область, Україна.
Освіта: Національний авіаційний університет, 2007 рік.
Посада: доцент кафедри безпеки інформаційних технологій з 2012 року.
Наукові інтереси: інформаційна безпека, квантова криптографія, управління інцидентами інформаційної безпеки, захист критичної інформаційної інфраструктури держави.
Публікації: більше 200 наукових публікацій, серед яких монографії, статті у рецензованих вітчизняних та закордонних наукових журналах, патенти та авторські свідоцтва.
E-mail: s.gnatyuk@nau.edu.ua

АХМЕТОВ Берік Бахитжанович, к.т.н.

Рік та місце народження: 1985 рік, м. Алмати, Казахстан.
Освіта: Казахський національний університет імені Аль-Фарабі, 2009 р.
Посада: Віце-президент по науково-методичній роботі.
Наукові інтереси: інформаційна безпека, бізнес-аналітика, використанні ІКТ в освіті.
Публікації: більше 40 наукових статей в національних і міжнародних базах.
E-mail: berik.akhmetov@ayu.edu.kz

Анотація. *Останнім часом провідні держави світу все більше уваги приділяють кіберзахисту власних критичних інфраструктур. Не є виключенням галузь цивільної авіації, у якій широке впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій породжує цілу низку нових уразливостей та потенційних загроз. Відомі моделі дозволяють формалізувати процеси створення повної множини вимог (згідно відповідних керівних документів), які необхідно виконати для забезпечення кібербезпеки цивільної авіації, а також ідентифікувати їх виконання. Проте, не вирішеним залишається питання оцінювання повноти виконання зазначених вимог. З огляду на це, у цій роботі розроблено метод оцінювання, який дає можливість визначати кількісні параметри, що характеризують повноту виконання множини вимог щодо кібербезпеки цивільної авіації та окремих вимог керівних органів відповідно до визначеної моделі кібербезпеки. Цей метод може використовуватись для оцінювання повноти виконання вимог щодо забезпечення кібербезпеки і в інших галузях критичної інфраструктури держави. У подальшому, на основі зазначеного методу, планується розробка програмного застосунку підтримки прийняття рішень щодо експертного оцінювання повноти виконання вимог до кібербезпеки в авіаційній галузі.*

Ключові слова: *кібербезпека, цивільна авіація, кіберзагрози, вимоги щодо забезпечення кібербезпеки, оцінювання повноти виконання вимог, коефіцієнт важливості, ICAO, ECAC.*

Вступ

Сьогодні кібертероризм [1] є глобальною проблемою, що яскраво проявляється у сучасному інформаційному суспільстві. Провідні держави світу все більше уваги приділяють кіберзахисту власних критичних інфраструктур. Одним з важливих об'єктів критичної інфраструктури є цивільна авіація (ЦА) [2], рівень критичності якої значно підсилюється підвищеним

ступенем комунікації та взаємодії між наземними системами і повітряними суднами, а впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) з одного боку підвищує ефективність і спрощує формальності у діяльності ЦА, а з іншого – породжує цілу низку нових уразливостей та потенційних загроз. Керівний документ ІСАО [3] декларує необхідність для кожної держави, яка є членом ІСАО, розробляти методи захисту ІКТ, що використовуються для цілей ЦА, від актів незаконного втручання, які можуть поставити під загрозу безпеку міжнародної ЦА. Керівний документ Європейської конференції ЦА (ЕСАС) [4] визначає необхідність включення заходів щодо забезпечення захисту відповідної галузі від кіберзагроз до національної програми безпеки ЦА та інших національних програм (контролю якості, навчання і підготовки персоналу з питань безпеки ЦА тощо). Відповідно до [3-4] обов'язково необхідно ідентифікувати та захищати системи, які містять інформацію, що має критичне значення для безпечного виконання польотів і діяльності ЦА – це так звані критичні авіаційні інформаційні системи (КАІС) [5], орієнтовний перелік яких наведено у відповідному керівному документі [6]. Ціла низка вимог щодо кібербезпеки (КБ) ЦА також міститься і у керівництві ІСАО [7], що орієнтоване на безпеку ІКТ в управлінні повітряним рухом. Вітчизняні вимоги є задекларованими у відповідній програмі [8], яка розроблена згідно з конвенцією про міжнародну ЦА, проте вже кілька років залишається лише проектом. Несанкціонований доступ (НСД) і несанкціоноване використання КАІС може призвести до виникнення загроз безпеці пасажирів, екіпажу та наземного персоналу, з огляду на що важливим є забезпечення їх КБ шляхом захисту від НСД, попередження втручання в роботу КАІС та виявлення атак на них [9].

У [10-11] розроблено базову модель формування вимог до забезпечення КБ ЦА на базі керівних документів, пов'язаних з безпекою міжнародної ЦА, а також наведено приклад формування вимог щодо забезпечення КБ ЦА України. Ця модель дає можливість формалізувати повну множину вимог, які необхідно забезпечити для захисту ЦА від кіберзагроз, проте невирішеним залишається питання оцінювання повноти забезпечення цих вимог. Крім того, в [12] запропоновано мультирівневу модель, яка дозволяє формалізувати процеси ідентифікації забезпеченості вимог та визначення режимів безпеки КАІС. Проте, не вирішеним залишається питання оцінювання повноти забезпечення множини вимог у результаті реалізації відповідних методів та засобів захисту ЦА від кіберзагроз.

Аналіз існуючих досліджень і постановка завдання

Серед робіт, пов'язаних із оцінювання повноти, варто, перш за все, виділити [13-14]. Проте, відомі дослідження орієнтовані або на оцінювання повноти і несуперечності даних у знання-орієнтованій моделі представлення бізнес-процесів із змінною структурою у контексті перевірки набору даних, що визначають ситуації процесу, і дозволяє виявити невідповідності даних моделі бізнес-процесу із змінною структурою та реального процесу [13]; або представлення повноти як важливої властивості у процесі розробки програмного забезпечення (поряд із узгодженістю, необхідністю, корисністю, здатністю до модифікації та ін.), що відображає охоплення вимогами усіх очікуваних аспектів створюваної системи, усіх вагомих потреб користувачів та інтересів стейкхолдерів [14]. Таким чином, відповідно до поточного стану досліджень, не можливо визначати кількісні параметри, що характеризують повноту виконання множини вимог щодо КБ ЦА. З огляду на це, **метою** роботи є розробка методу оцінювання повноти виконання вимог щодо забезпечення КБ ЦА та інших галузей критичної інфраструктури держави.

Основна частина дослідження

Метод оцінювання повноти виконання вимог щодо забезпечення КБ ЦА реалізується у наступні 3 етапи: 1) Визначення коефіцієнтів важливості; 2) Нормування коефіцієнтів важливості; 3) Визначення кількісних параметрів, що характеризують повноту виконання вимог.

Розглянемо більш детально кожен із зазначених етапів:

Етап 1 – Визначення коефіцієнтів важливості

Крок 1 – Формування базової множини коефіцієнтів важливості. Для визначення коефіцієнтів важливості усіх вимог щодо захисту ЦА від кіберзагроз введемо відповідну множину $\mathbf{K}$:

$$\mathbf{K} = \{\bigcup_{i=1}^{n} \mathbf{K}_i\} = \{\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2 \ldots \mathbf{K}_n\}, \quad (1)$$

де $\mathbf{K}_i \subseteq \mathbf{K}$ ($i = \overline{1,n}$) – множини коефіцієнтів важливості вимог i-го керівного органу; n – загальна кількість зазначених множин коефіцієнтів, а

$$\mathbf{K}_i = \{\bigcup_{j=1}^{b_i} K_{ij}\} = \{K_{i1}, K_{i2}, \ldots, K_{ib_i}\}, \quad (2)$$

де K_{ij} ($i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,b_i}$) – коефіцієнти важливості вимог i-го керівного органу; b_i – кількість коефіцієнтів важливості вимог i-го керівного органу.

З урахуванням (2) вираз (1) можна представити у наступному вигляді:

$$\mathbf{K} = \{\bigcup_{i=1}^{n} \mathbf{K}_i\} = \{\bigcup_{i=1}^{n} \{\bigcup_{j=1}^{b_i} K_{ij}\}\} = \{\{K_{11}, K_{12}, ..., K_{1b_1}\}, \{K_{21}, K_{22}, ..., K_{2b_2}\}, ..., \{K_{n1}, K_{n2}, ..., K_{nb_n}\}\}, \ (i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,b_i}). \quad (3)$$

Наприклад, для ЦА України при $n = 3$ (див. [10]) згідно (1) можна сформувати множину коефіцієнтів важливості усіх вимог щодо захисту ЦА України від кіберзагроз, яка складається з трьох множин:

$$\mathbf{K} = \mathbf{K}_{civil\_aviation\_ua} = \{\bigcup_{i=1}^{3} \mathbf{K}_i\} = \{\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2, \mathbf{K}_3\} = \{\mathbf{K}_{ICAO}, \mathbf{K}_{ECAC}, \mathbf{K}_{NATIONAL}\},$$

де $\mathbf{K}_1 = \mathbf{K}_{ICAO}$, $\mathbf{K}_2 = \mathbf{K}_{ECAC}$ та $\mathbf{K}_3 = \mathbf{K}_{NATIONAL}$ – множини коефіцієнтів важливості вимог ІСАО, ЕСАС та національних відповідно.

Далі, використовуючи послідовно (2) та (3), на основі керівних документів [4, 6-8] і табл. 4 в [12], при $b_1 = 22$, $b_2 = 13$ та $b_3 = 9$, маємо:

$$\mathbf{K} = \mathbf{K}_{civil\_aviation\_ua} = \{\bigcup_{i=1}^{3}\mathbf{K}_i\} = \{\bigcup_{i=1}^{3}\{\bigcup_{j=1}^{b_i}K_{ij}\}\} = \{\{K_{11}, K_{12}, ..., K_{122}\}, \{K_{21}, K_{22}, ..., K_{213}\}, \{K_{31}, K_{32}, ..., K_{39}\}\} =$$

$$= \{\{K_{ICAO_1}, K_{ICAO_2}, ..., K_{ICAO_{22}}\}, \{K_{ECAC_1}, K_{ECAC_2}, ..., K_{ECAC_{13}}\}, \{K_{NATIONAL_1}, K_{NATIONAL_2}, ..., K_{NATIONAL_9}\}\},$$

де $K_{11} = K_{ICAO_1}$, $K_{12} = K_{ICAO_2}$,…, $K_{122} = K_{ICAO_{22}}$, $K_{21} = K_{ECAC_1}$, $K_{22} = K_{ECAC_2}$,…, $K_{213} = K_{ECAC_{13}}$ та $K_{31} = K_{NATIONAL_1}$, $K_{32} = K_{NATIONAL_2}$,…, $K_{39} = K_{NATIONAL_9}$ – коефіцієнти важливості вимог ІСАО, ЕСАС та національних відповідно.

Крок 2 – Розрахунок значень коефіцієнтів важливості. Виконання вимог R_{ijk} (див. (5) в [10]) дає можливість забезпечити характеристики КБ (одну або декілька) відповідно до певної моделі КБ, наприклад, мультирівневої моделі, описаної в [12]. Значення коефіцієнтів важливості, заданих у (3), визначаються таким чином:

$$K_{ij} = \sum_{i=1}^{W}\frac{Q}{Max1(R_{ijk})}, (i = \overline{1,W},\ j = \overline{1,m_i},\ k = \overline{1,r_{ij}}), (4)$$

де $Max1(R_{ijk}) \neq 0$ – функція, що відображає максимальну кількість одиниць у бінарних послідовностях $\underset{j=1}{\overset{p_1}{\mathrm{CON}}}(M_{1j})$, $\underset{j=1}{\overset{p_2}{\mathrm{CON}}}(M_{2j})$,…, $\underset{j=1}{\overset{p_n}{\mathrm{CON}}}(M_{qp_n})$, що характеризують забезпечення характеристик КБ M_{ij} внаслідок виконання вимог R_{ijk} згідно табл. 1, сформованої на базі табл. 3 в [12] (при $Max1(R_{ijk}) = 0$ підрахунок є некоректним, оскільки вимоги R_{ijk} не пов'язані з моделями КБ $\mathbf{M}_i$); W – загальна кількість вимог R_{ijk}, для яких розраховуються коефіцієнти важливості; Q – сума одиниць, яка у відсотках відображає забезпечення характеристик КБ M_{ij} (апріорі, більшу вагу матиме вимога, виконання якої дозволить забезпечити більшу кількість характеристик КБ). Якщо вимога виконується на 100%, то це відображається одиницею, в іншому випадку – нулем (на приклад, див. табл. 2)

Слід зазначити, що K_{ij} може приймати, наприклад, для $\mathbf{M}_1$ максимум p_1 (див. табл. 1 – це значення є максимальним проте їх може бути менше у залежності від забезпечення характеристик КБ M_{ij}) різних значень (назвемо їх категоріями вагових коефіцієнтів).

Забезпечення характеристик КБ у результаті виконання вимог керівних органів Таблиця 1

$\mathbf{R}_i$	$\mathbf{R}_{ij}$	R_{ijk}	Модель КБ			
			$\mathbf{M}_1$	$\mathbf{M}_2$	…	$\mathbf{M}_q$
			$M_{11}, M_{12}, ..., M_{1p_1}$	$M_{21}, M_{22}, ..., M_{2p_2}$		$M_{q1}, M_{q2}, ..., M_{qp_n}$
$\mathbf{R}_1$, … $\mathbf{R}_n$	$\mathbf{R}_{11}$, ... $\mathbf{R}_{nm_n}$	R_{111} ... $R_{nm_nr_{nm_n}}$	$\underset{j=1}{\overset{p_1}{\mathrm{CON}}}(M_{1j})$	$\underset{j=1}{\overset{p_2}{\mathrm{CON}}}(M_{2j})$	…	$\underset{j=1}{\overset{p_n}{\mathrm{CON}}}(M_{qp_n})$

Наприклад, розглянемо виконання вимог ІСАО $AR_1, AR_2, ..., ATC_6$ і забезпечення характеристик згідно моделі КБ Гексада Паркера ($\mathbf{M}_1$). Тоді, з використанням табл. 2 (сірим кольором виділено вимоги, які виконуються згідно [15]) та (4), отримаємо значення коефіцієнтів важливості: $K_{11} = \frac{0+0+0+0+0+1}{4} = 0{,}25$.

Аналогічно отримуємо інші значення $K_{12}, ..., K_{122}$ при $p_1 = 6$ згідно [12]: $K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{111} = K_{116} = K_{117} = K_{121} = K_{122} = 0{,}25$ (перша категорія); $K_{18} = K_{110} = K_{112} = K_{114} = K_{115} = K_{118} = K_{119} = K_{120} = 0{,}5$ (друга категорія); $K_{15} = K_{16} = K_{17} = K_{113} = 0{,}75$ (третя категорія); $K_{19} = 1$ (четверта категорія).

Аналогічно, для вимог ЕСАС та національних, використовуючи табл. 3 та (4), отримуємо значення коефіцієнтів важливості $K_{21}, K_{22}, ..., K_{213}$ та $K_{31}, K_{32}, ..., K_{39}$ відповідно: $K_{22} = K_{25} = K_{26} = K_{27} = K_{212} = K_{213} = 0{,}25$ (перша категорія); $K_{24} = K_{28} = K_{29} = K_{211} = 0{,}5$ (друга категорія); $K_{23} = K_{210} = 0{,}75$; $K_{21} = 1$ (третя категорія); $K_{31} = K_{32} = K_{33} = K_{35} = K_{36} = K_{37} = K_{39} = 0{,}33$ (перша категорія); $K_{34} = 0{,}5$ (друга категорія); $K_{38} = 0{,}67$ (третя категорія).

Забезпечення характеристик згідно моделі КБ Гексада Паркера у результаті виконання вимог ІСАО Таблиця 2

$\mathbf{R}_i$	$\mathbf{R}_{ij}$	R_{ijk}	Модель КБ					
			РН					
			PH_5	PH_4	PH_3	PH_2	PH_1	PH_0
ICAO₁	**AR**	AR_1	0	0	0	0	0	1
		AR_2	0	0	0	0	0	1
		AR_3	0	0	0	0	0	1
		AR_4	0	0	0	0	1	0
		AR_5	0	0	0	1	1	1
ICAO₂	**VR**	VR_1	1	1	1	0	0	0
		VR_2	1	1	0	1	0	0
		VR_3	0	0	1	0	1	0
		VR_4	1	1	1	1	0	0
ICAO₃	**PC**	PC_1	0	0	1	0	1	0
		PC_2	0	0	0	1	0	0
		PC_3	0	0	1	0	1	0
		PC_4	0	0	1	1	1	0
		PC_5	0	0	1	0	1	0
		PC_6	0	1	1	0	0	0
		PC_7	0	0	0	1	0	0
ICAO₄	**ATC**	ATC_1	0	0	0	0	0	1
		ATC_2	1	1	0	0	0	0
		ATC_3	0	0	1	0	1	0
		ATC_4	0	0	1	0	1	0
		ATC_5	0	0	0	0	0	1
		ATC_6	0	0	0	0	0	1

Забезпечення характеристик згідно мультирівневої моделі КБ [12]
у результаті виконання повної множини вимог Таблиця 3

$\mathbf{R}_i$	$\mathbf{R}_{ij}$	R_{ijk}	Модель КБ																
			PH						**STRIDE**						**5A**				
			PH_5	PH_4	PH_3	PH_2	PH_1	PH_0	ST_5	ST_4	ST_3	ST_2	ST_1	ST_0	$5A_4$	$5A_3$	$5A_2$	$5A_1$	$5A_0$
ICAO$_1$	**AR**	AR_1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		AR_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		AR_3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		AR_4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		AR_5	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
ICAO$_2$	**VR**	VR_1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0
		VR_2	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
		VR_3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
		VR_4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ICAO$_3$	**PC**	PC_1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
		PC_2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
		PC_3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
		PC_4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
		PC_5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
		PC_6	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
		PC_7	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ICAO$_4$	**ATC**	ATC_1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		ATC_2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0
		ATC_3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
		ATC_4	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
		ATC_5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		ATC_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
ECAC$_1$	**SC**	SC_1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
		SC_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		SC_3	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
		SC_4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
		SC_5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		SC_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		SC_7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		SC_8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		SC_9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
		SC_{10}	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
		SC_{11}	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
		SC_{12}	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
		SC_{13}	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
NATIONAL$_1$	**OR**	OR_1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		OR_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		OR_3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		OR_4	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		OR_5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NATIONAL$_2$	**TR**	TR_1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		TR_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		TR_3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
		TR_4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Використання табл. 3 дає змогу зробити аналогічні розрахунки відповідно до інших моделей КБ, які розглядаються в [12] (STRIDE та 5A). Крім того, для визначення кількості характеристик КБ M_{ij}, що забезпечується виконанням вимоги R_{ijk}, введемо функцію відображення кількості одиниць $F(CO) = F(CO)_N \cdot 2^N + ... + F(CO)_1 \cdot 2^1 + F(CO)_0 \cdot 2^0$ (N – максимальна кількість розрядів бінарного коду, що може відображати кількість одиниць, отриманих у результаті забезпечення характеристик КБ M_{ij}) і побудуємо відповідні таблиці переходів [15] (табл. 4).

Таблиця переходів для визначення кількості характеристик КБ M_{ij},
забезпечених виконанням вимог R_{ijk} Таблиця 4

CO				$F(CO)$			
M_{11}	M_{12}	…	M_{qp_n}	$F(CO)_n$	…	$F(CO)_1$	$F(CO)_0$

Розглянемо на прикладі виконання вимог ІСАО і забезпечення характеристик при $N = 2$ згідно моделі КБ Гексада Паркера (табл. 5): $F(CO) = F(CO)_2 \cdot 2^2 + F(CO)_1 \cdot 2^1 + F(CO)_0 \cdot 2^0$.

Таблиця переходів для визначення кількості характеристик КБ, забезпечених виконанням вимог ІСАО Таблиця 5

CO				$F(CO)$		
CO_3	CO_2	CO_1	CO_0	$F(CO)_2$	$F(CO)_1$	$F(CO)_0$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1

Відповідно до табл. 5 визначимо аналітично досконалу диз'юнктивну нормальну форму (ДДНФ) [15]:

$$F(CO)_0 = (\overline{CO_3} \wedge \overline{CO_2} \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee (\overline{CO_3} \wedge \overline{CO_2} \wedge CO_1 \wedge \overline{CO_0}) \vee (\overline{CO_3} \wedge CO_2 \wedge \overline{CO_1} \wedge \overline{CO_0}) \vee (\overline{CO_3} \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge \overline{CO_2} \wedge \wedge \overline{CO_1} \wedge \overline{CO_0}) \vee (CO_3 \wedge \overline{CO_2} \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge \overline{CO_0}) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0);$$

$$F(CO)_1 = (\overline{CO_3} \wedge \overline{CO_2} \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (\overline{CO_3} \wedge CO_2 \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee (\overline{CO_3} \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge \overline{CO_0}) \vee (\overline{CO_3} \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge \overline{CO_2} \wedge \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge \overline{CO_2} \wedge CO_1 \wedge \overline{CO_0}) \vee (CO_3 \wedge \overline{CO_2} \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge \overline{CO_1} \wedge \overline{CO_0}) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge \overline{CO_0}) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0);$$

$$F(CO)_2 = (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0).$$

Отриману ДДНФ булевої функції можна мінімізувати, використавши один з відомих методів, наприклад, метод карт Карно, Квайна тощо [15]. У результаті отримаємо таку мінімізовану форму:

$$F(CO)_0 = (\overline{CO_3} \wedge \overline{CO_2} \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee \overline{CO_3} \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge \overline{CO_2} \wedge CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge \overline{CO_1} \wedge CO_0) \vee \vee (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge \overline{CO_0}) \vee (\overline{CO_2} \wedge \overline{CO_1} \wedge \overline{CO_0}) \vee (\overline{CO_3} \wedge \overline{CO_1} \wedge \overline{CO_0}) \vee (\overline{CO_3} \wedge \overline{CO_2} \wedge \overline{CO_0}); \quad (5)$$

$$F(CO)_1 = (CO_1 \wedge CO_0) \vee (CO_2 \wedge CO_1) \vee (CO_3 \wedge CO_2) \vee (CO_3 \wedge CO_0) \vee (CO_3 \wedge CO_1) \vee (CO_2 \wedge CO_0);$$

$$F(CO)_2 = (CO_3 \wedge CO_2 \wedge CO_1 \wedge CO_0).$$

Конкретні значення функції $F(CO)$ згідно (5) можна визначити програмно або, наприклад, за допомогою відповідного цифрового автомату (рис. 1).

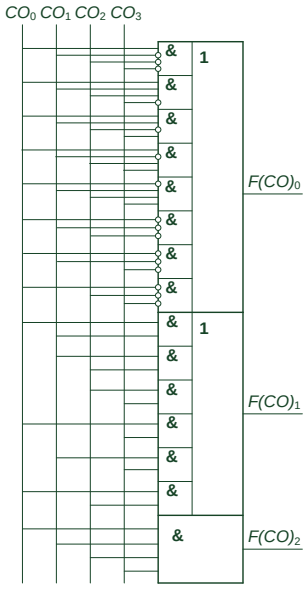

Рис. 1. Цифровий автомат реалізації функції $F(CO)$ згідно табл. 2

Етап 2 – Нормування коефіцієнтів важливості

Значення коефіцієнтів важливості, отримані згідно (4), нормуються за допомогою виразу:

$$\sum_{i=1}^{c} n_c K_c' = 100 \ , (i = \overline{1,c}), \quad (6)$$

де c – кількість категорій вагових коефіцієнтів, визначених згідно (4); K_c' – значення вагових коефіцієнтів c-ї категорії; n_c – кількість вагових коефіцієнтів c-ї категорії.

Наприклад, для нормування значень коефіцієнтів важливості $K_{11}, K_{12}, ..., K_{122}$ вимог ІСАО при $c = 4$, $n_1 = 9$, $n_2 = 8$, $n_3 = 4$, $n_4 = 1$ (фактично, 22 коефіцієнти можуть приймати 4 різних значення), K_1' ($K_{11} = K_{12} = K_{13} = K_{14} = K_{111} = K_{116} = K_{117} = K_{121} = K_{122}$), K_2' ($K_{18} = K_{110} = K_{112} = K_{114} = K_{115} = K_{118} = K_{119} = K_{120}$), K_3' ($K_{15} = K_{16} = K_{17} = K_{113}$), K_4' (K_{19}) маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 9K_1' + 8K_2' + 4K_3' + K_4' = 100; \\ K_4' = 4K_1'; \\ K_4' = 2K_2'; \\ K_4' = K_1' + K_3'. \end{cases} \quad (7)$$

Розв'язавши (7), маємо нормовані коефіцієнти K_1'=2,44; K_2'=4,88; K_3'=7,32; K_4'=9,76.

Етап 3 – Визначення кількісних параметрів, що характеризують повноту виконання вимог

З урахуванням отриманих нормованих коефіцієнтів важливості K_c' можна визначити кількісні параметри, що характеризують повноту виконання відносно повної множини вимог:

$$FA = (\sum_{i=1}^{W} K_c' I(R_{ijk})) \cdot 100\%, \ (i = \overline{1,W}, \ j = \overline{1,m_i}, \ k = \overline{1,r_{ij}}), \quad (8)$$

де $I(R_{ijk})$ – одинична функція, що приймає такі значення

$$I(R_{ijk}) = \begin{cases} 0, \text{ якщо вимога } R_{ijk} \text{ не виконується;} \\ 1, \text{ якщо вимога } R_{ijk} \text{ виконується.} \end{cases}$$

Наприклад, для методів та засобів захисту згідно [15], орієнтованих на забезпечення вимог ІСАО відповідно до моделі КБ Гексада Паркера ($\mathbf{M}_1$) (табл. 2) з урахуванням нормованих коефіцієнтів згідно (6) та (7), враховуючи (8), матимемо:

$$FA_{ICAO}^{PH} = 100\% \cdot (K_1' I(AR_1) + K_1' I(AR_2) + K_1' I(AR_3) + K_1' I(AR_4) + K_1' I(PC_2) + K_1' I(PC_7) + K_1' I(ATC_1) + K_1' I(ATC_5) +$$
$$+ K_1' I(ATC_6) + K_2' I(VR_3) + K_2' I(PC_1) + K_2' I(PC_3) + K_2' I(PC_5) + K_2' I(PC_6) + K_2' I(ATC_2) + K_2' I(ATC_3) + K_2' I(ATC_4) +$$
$$+ K_3' I(AR_5) + K_3' I(VR_1) + K_3' I(VR_2) + K_3' I(PC_4) + K_4' I(VR_4)) = K_1' (I(AR_2) + I(PC_7) + I(ATC_1) + I(ATC_6)) +$$
$$+ K_2' (I(VR_3) + I(ATC_2) + I(ATC_4)) + K_3' I(VR_2) = 100\% \cdot (2,44 \cdot (1+1+1+1) + 4,88 \cdot (1+1+1) + 7,32) = \mathbf{31,72\ \%}.$$

Таким чином, наприклад, *імплементація методів і засобів згідно [15] дозволить забезпечити виконання вимог ІСАО* $AR_2, VR_2, VR_3, PC_7, ATC_1, ATC_2, ATC_4, ATC_6$ *відповідно до [10-12], а це, в свою чергу, дасть можливість забезпечити КБ ЦА (згідно моделі КБ Гексада Паркера) з повнотою 31,72%.*

Далі необхідно перевірити роботу методу в різних умовах – у граничних режимах і змінюючи кількість виконаних вимог (як зменшення, так і збільшення).

Верифікація роботи методу у різних режимах

Випадок 1. За умови реалізації низки методів та засобів захисту, які дозволять забезпечити виконання усіх вимог ІСАО відповідно до моделі КБ Гексада Паркера, з урахуванням (6), (7) та (8), будемо мати:

$$FA_{ICAO_{full}}^{PH} = 100\% \cdot (K_1' I(AR_1) + K_1' I(AR_2) + K_1' I(AR_3) + K_1' I(AR_4) + K_1' I(PC_2) + K_1' I(PC_7) + K_1' I(ATC_1) + K_1' I(ATC_5) +$$
$$+ K_1' I(ATC_6) + K_2' I(VR_3) + K_2' I(PC_1) + K_2' I(PC_3) + K_2' I(PC_5) + K_2' I(PC_6) + K_2' I(ATC_2) + K_2' I(ATC_3) + K_2' I(ATC_4) +$$
$$+ K_3' I(AR_5) + K_3' I(VR_1) + K_3' I(VR_2) + K_3' I(PC_4) + K_4' I(VR_4)) = K_1' (I(AR_1) + I(AR_2) + I(AR_3) + I(AR_4) + I(PC_2) +$$
$$+ I(PC_7) + I(ATC_1) + I(ATC_5) + I(ATC_6)) + K_2' (I(VR_3) + I(PC_1) + I(PC_3) + I(PC_5) + I(PC_6) + I(ATC_2) + I(ATC_3) +$$
$$+ I(ATC_4)) + K_3' (I(AR_5) + I(VR_1) + I(VR_2) + I(PC_4)) + K_4' I(VR_4) = 100\% \cdot (2,44 \cdot (1+1+1+1+1+1+1+1+1+1) +$$
$$+ 4,88 \cdot (1+1+1+1+1+1+1+1) + 7,32 \cdot (1+1+1+1) + 9,76) = \mathbf{100\ \%}.$$

Випадок 2. У випадку якщо реалізовані методи та засоби захисту не дозволять забезпечити виконання жодної з вимог ІСАО, аналогічним чином з урахуванням (6), (7) та (8), будемо мати:

$$FA_{ICAO_{null}}^{PH} = 100\% \cdot (K_1' I(AR_1) + K_1' I(AR_2) + K_1' I(AR_3) + K_1' I(AR_4) + K_1' I(PC_2) + K_1' I(PC_7) + K_1' I(ATC_1) + K_1' I(ATC_5) +$$
$$+ K_1' I(ATC_6) + K_2' I(VR_3) + K_2' I(PC_1) + K_2' I(PC_3) + K_2' I(PC_5) + K_2' I(PC_6) + K_2' I(ATC_2) + K_2' I(ATC_3) + K_2' I(ATC_4) +$$
$$+ K_3' I(AR_5) + K_3' I(VR_1) + K_3' I(VR_2) + K_3' I(PC_4) + K_4' I(VR_4)) = K_1' (I(AR_1) + I(AR_2) + I(AR_3) + I(AR_4) + I(PC_2) +$$
$$+ I(PC_7) + I(ATC_1) + I(ATC_5) + I(ATC_6)) + K_2' (I(VR_3) + I(PC_1) + I(PC_3) + I(PC_5) + I(PC_6) + I(ATC_2) + I(ATC_3) +$$
$$+ I(ATC_4)) + K_3' (I(AR_5) + I(VR_1) + I(VR_2) + I(PC_4)) + K_4' I(VR_4) = 100\% \cdot (2,44 \cdot (0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) +$$
$$+ 4,88 \cdot (0+0+0+0+0+0+0+0) + 7,32 \cdot (0+0+0+0) + 9,76 \cdot 0) = \mathbf{0\ \%}.$$

Отже, в граничних режимах (забезпечення повної множини вимог ($FA_{ICAO_{full}}^{PH}$) і не забезпечення жодної вимоги ($FA_{ICAO_{null}}^{PH}$)) запропонований метод оцінювання працює коректно. З метою верифікації роботи методу в інших режимах, розглянемо зміну кількісного параметру, що характеризує повноту виконання вимог ІСАО відповідно до моделі КБ Гексада Паркера, змінивши перелік методів і засобів КБ, зазначених у [15].

Випадок 3. При імплементації методів та засобів захисту, які дозволять забезпечити виконання вимог ІСАО згідно [15] (FA_{ICAO}^{PH}) і додатково виконання вимоги VR_4 (апріорі виконання однієї цієї вимоги має забезпечити 2/3 характеристик КБ і значне зростання показника повноти порівняно з FA_{ICAO}^{PH}), відповідно до моделі КБ Гексада Паркера, маємо:

$$FA^{PH}_{ICAO_{plus\_VR4}} = 100\% \cdot (K_1' I(AR_1) + K_1' I(AR_2) + K_1' I(AR_3) + K_1' I(AR_4) + K_1' I(PC_2) + K_1' I(PC_7) + K_1' I(ATC_1) + K_1' I(ATC_5) +$$
$$+ K_1' I(ATC_6) + K_2' I(VR_3) + K_2' I(PC_1) + K_2' I(PC_3) + K_2' I(PC_5) + K_2' I(PC_6) + K_2' I(ATC_2) + K_2' I(ATC_3) + K_2' I(ATC_4) +$$
$$+ K_3' I(AR_5) + K_3' I(VR_1) + K_3' I(VR_2) + K_3' I(PC_4) + K_4' I(VR_4)) = K_1' (I(AR_2) + I(PC_7) + I(ATC_1) + I(ATC_6)) + K_2' (I(VR_3) +$$
$$+ I(ATC_2) + I(ATC_4)) + K_3' I(VR_2) + K_4' I(VR_4) = 100\% \cdot (2,44 \cdot (1+1+1+1) + 4,88 \cdot (1+1+1) + 7,32 + 9,76) = \mathbf{41,48\ \%}.$$

Випадок 4. При імплементації методів та засобів захисту, які дозволять забезпечити виконання вимог ICAO згідно [15] (FA^{PH}_{ICAO}) без виконання вимоги VR_2 (апріорі виконання цієї вимоги має забезпечити значне спадання показника повноти порівняно з FA^{PH}_{ICAO}), відповідно до моделі КБ Гексада Паркера, маємо:

$$FA^{PH}_{ICAO_{minus\_VR2}} = 100\% \cdot (K_1' I(AR_1) + K_1' I(AR_2) + K_1' I(AR_3) + K_1' I(AR_4) + K_1' I(PC_2) + K_1' I(PC_7) + K_1' I(ATC_1) + K_1' I(ATC_5) +$$
$$+ K_1' I(ATC_6) + K_2' I(VR_3) + K_2' I(PC_1) + K_2' I(PC_3) + K_2' I(PC_5) + K_2' I(PC_6) + K_2' I(ATC_2) + K_2' I(ATC_3) + K_2' I(ATC_4) +$$
$$+ K_3' I(AR_5) + K_3' I(VR_1) + K_3' I(VR_2) + K_3' I(PC_4) + K_4' I(VR_4)) = K_1' (I(AR_2) + I(PC_7) + I(ATC_1) + I(ATC_6)) +$$
$$+ K_2' (I(VR_3) + I(ATC_2) + I(ATC_4)) = 100\% \cdot (2,44 \cdot (1+1+1+1) + 4,88 \cdot (1+1+1)) = \mathbf{24,4\ \%}.$$

Отже, відповідно до розглянутих випадків, можна відзначити, що розроблений метод адекватно реагує на зміну вхідних даних і є придатним до застосування у різних режимах роботи. Крім того, аналогічно можна отримати кількісні параметри, що характеризують повноту виконання вимог ECAC та національних (чи будь-яких інших вимог) відповідно зазначеної моделі КБ Гексада Паркера, мультирівневої моделі [12] чи інших моделей КБ (STRIDE, 5A тощо). Таким чином, можна визначити повноту виконання вимог щодо забезпечення КБ в авіаційній галузі у випадку проведення міжнародних (ICAO, ECAC) чи державних аудитів.

Висновки

У роботі розроблено метод оцінювання, який за рахунок визначення коефіцієнтів важливості, побудови таблиць переходів для визначення кількості характеристик КБ, які забезпечуються певною вимогою, а також нормування розрахованих коефіцієнтів важливості і застосування функції відображення максимальної кількості одиниць у бінарних послідовностях, які характеризують забезпечення характеристик моделей КБ, одиничної функції та функції відображення кількості одиниць, дає можливість визначати кількісні параметри, що характеризують повноту виконання множини вимог щодо КБ ЦА та окремих вимог керівних органів відповідно до визначеної моделі КБ. Цей метод може використовуватись для оцінювання повноти виконання вимог щодо забезпечення КБ і в інших галузях критичної інфраструктури держави [17-18]. У подальшому, на основі зазначеного методу, планується розробка програмного застосунку підтримки прийняття рішень щодо експертного оцінювання повноти виконання вимог до КБ в авіаційній галузі.

Література

[1] С.О. Гнатюк, «Кібертероризм: історія розвитку, сучасні тенденції та контрзаходи», *Безпека інформації,* Том 19, № 2, с. 118-129, 2013.

[2] S. Gnatyuk, «Critical Aviation Information Systems Cybersecurity», *Meeting Security Challenges Through Data Analytics and Decision Support*, NATO Science for Peace and Security Series – D: Information and Communication Security, IOS Press Ebooks, Vol.47, №3, P. 308-316, 2016.

[3] Приложение 17 к Конвенции о международной гражданской авиации *«Безопасность. Защита международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства»*, Изд. 9, 60 с., 2011.

[4] Doc 30 *«Политика ЕКГА в сфере авиационной безопасности»* (Restricted), Изд. 13, 138 с., 2010.

[5] С.О. Гнатюк, Д.В. Васильєв, «Сучасні критичні авіаційні інформаційні системи», *Безпека інформації,* Том 22, № 1, С. 51-57, 2016.

[6] Doc 8973 ICAO *«Руководство по авиационной безопасности» (Restricted)*, Изд. 9, 818 с., 2014.

[7] Doc 9985 ICAO *«Руководство по безопасности системы организации воздушного движения» (Restricted)*, Изд. 1, 174 с., 2013.

[8] Проект Закону України *«Про Державну програму авіаційної безпеки цивільної авіації»*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://avia.gov.ua/uploads/documents/8774.pdf

[9] Yu. Danik, R. Hryschuk, S. Gnatyuk, «Synergistic effects of information and cybernetic interaction in civil aviation», *Aviation,* V. 20, №3, p. 137-144, 2016.

[10] В.П Харченко., О.Г. Корченко, С.О. Гнатюк, «Базова модель формування вимог до забезпечення кібербезпеки цивільної авіації», *Безпека інформації,* Т.22, №2, с. 150-155, 2016.

[11] K. Janisz, O. Korchenko, S. Gnatyuk, R. Odarchenko, «Model for Cybersecurity Requirements Definition in Civil Aviation», *Autobusy,* №12, p. 630-634, 2016.

[12] В.П. Харченко, О.Г. Корченко, С.О. Гнатюк, «Мультирівнева модель даних для ідентифікації забезпеченості вимог відповідно нормативно-правовому забезпеченню кібербезпеки цивільної авіації», *Захист інформації,* Том 19, №1, С. 95-104, 2017.

[13] С.Ф. Чалый, В.М. Левыкин, «Оценивание полноты и непротиворечивости данных для знание-ориентированного представления бизнес-процессов», *Бионика интеллекта,* № 2 (69), с. 115-120, 2008.

[14] F.P. Brooks, «No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering», *IEEE Computer,* Vol. 20, №4, pp. 10-19, 1987.

[15] К.Г. Самофалов, В.И. Корнейчук, В.П. Тарасенко, *Цифровые ЭВМ: Теория и проектирование,* К.: Вища школа, 424 с., 1989.

[16] С.О. Гнатюк, «Методологія формування та забезпечення державної системи кібербезпеки в галузі цивільної авіації», *Актуальні питання забезпечення кібербезпеки та захисту інформації:* тези доп. ІІІ міжнар. наук.-практ. конф., 22-25 лютого 2017 р., К., с. 65-67, 2017.

[17] С.О. Гнатюк, О.А. Шаховал, І.Л. Лозова, «Рекомендації щодо розробки стратегії забезпечення кібербезпеки України», *Захист інформації*, Том 18, №1, с. 57-65, 2016.

[18] С.О. Гнатюк, М.О. Рябий., В.М. Лядовська, «Визначення критичної інформаційної інфраструктури та її захист: аналіз підходів», *Зв'язок,* №4, с. 3-7, 2014.

УДК 004.056.5:343.326 (045)

Корченко А.Г., Гнатюк С.А., Ахметов Б.Б. Метод оценивания полноты выполнения требований для обеспечения кибер-безопасности гражданской авиации

Аннотация. *В последнее время ведущие государства мира все больше внимания уделяют киберзащите собственным критическим инфраструктурам. Не является исключением и отрасль гражданской авиации, в которой широкое внедрение современных информационно-коммуникационных технологий порождает целый ряд новых уязвимостей и потенциальных угроз. Известные модели позволяют формализовать процессы создания полного множества требований (согласно соответствующим руководящим документам), которые необходимо выполнять для обеспечения кибербезопасности гражданской авиации, а также идентифицировать их выполнение. Однако, не решенным остается вопрос оценивания полноты выполнения указанных требований. Учитывая это, в этой работе разработано метод оценивания, который дает возможность определить количественные параметры, характеризующие полноту выполнения множества требований касающихся кибербезопасности гражданской авиации и отдельных требований руководящих органов в соответствии с определенной моделью кибербезопасности. Этот метод может использоваться для оценивания полноты выполнения требований по обеспечению кибербезопасности и в других отраслях критической инфраструктуры государства. В дальнейшем, на основе данного метода, планируется разработка программного приложения поддержки принятия решений по экспертной оценки полноты требований к кибербезопасности в авиационной отрасли.*

Ключевые слова: *кибербезопасность, гражданская авиация, киберугроза, требования к обеспечению кибербезопасности, оценивание полноты выполнения требований, коэффициент важности, ICAO, ECAC.*

Korchenko O., Gnatyuk S., Akhmetov B. Method for fullness assessment of requirements fulfillment for civil aviation cybersecurity

Abstract. *Lately, the leading countries of the world paid more attention to their critical infrastructure cyberdefence. Civil aviation is not an exception. In this area, modern information and communication technologies are widely implemented, so it generates a whole range of new vulnerabilities and potential threats. Known models allow formalizing processes of creating a complete set of requirements (according to relevant guidance documents) that should be done to ensure civil aviation cybersecurity and identifying their execution. However, the issue of fullness assessment of requirements fulfillment remains unresolved. In view of this, in this work a method of estimation is developed, which gives ability to determine the quantitative parameters, that characterized fulfillment of complete set of requirements for civil aviation cybersecurity and differentiated requirements of control authorities in accordance to defined cybersecurity model. This method can be used for fullness evaluation of requirements fulfillment for providing cybersecurity and in other sectors of the critical infrastructure of the state. Later, based on this method, it is planned to develop a software application to support decision-making on expert evaluation of fullness requirements fulfillment for civil aviation cybersecurity.*

Key words: *cybersecurity, civil aviation, cyberthreat, requirements to ensure cybersecurity, fullness assessment of requirements fulfillment, coefficient of importance, ICAO, ECAC.*

Отримано *12 травня 2017 року,* затверджено редколегією *15 червня 2017 року*